

論文審査の要旨

報告番号	甲 第 2807 号	氏 名	山田 純輝
論文審査担当者	主査 教授	馬場 一美	
	副査 教授	宮崎 隆	
	副査 教授	桑田 啓貴	
(論文審査の要旨)			
学位申請論文「Removal of oral biofilm on an implant fixture by a cavitating jet」について、上記の主査1名，副査2名が個別に審査を行った。			
<p>【目的】インプラント周囲炎が進行しフィクスチャーが露出すると、多孔質に加工された表面にバイオフィームが付着し、除去は困難となる。一方、水中で水がベンチュリノズル内を通過すると急速な減圧に伴いキャビテーションが発生する。キャビテーション気泡の崩壊による衝撃力は金属材料の表面改質や種々の洗浄へ応用されている。そこで今回キャビテーション噴流を用いて多孔質なフィクスチャー表面に形成されたバイオフィームの除去効果を検討した。</p> <p>【方法】キャビテーションノズルの出口形状（出口長さ：Ld、出口角度：θd）、噴射条件（噴射圧力：p、対象までのスタンドオフ距離：s）を変動させ、それぞれの組み合わせの条件においてPVDFセンサーを用いて単位時間当たりの衝撃力とその頻度を測定した。測定された衝撃力と頻度を基に衝撃エネルギーを算出し、最も衝撃エネルギーの大きい組み合わせの条件でバイオフィーム除去実験を行った。4人の研究協力者の上顎臼歯頬側部にレジンで口腔内ステントを作製した。ステント上にフィクスチャーを装着し、72時間後に形成されたバイオフィームを実験に供した。フィクスチャー上に形成したバイオフィームに対して、キャビテーション噴流とウォータージェットで除去効果を比較した。また、キャビテーション噴流の噴射時間（30秒、60秒、180秒）による除去効果への影響を検討した。さらに、フィクスチャーのスレッドのねじ山部とねじ谷部でのそれぞれの除去効果を比較した。除去効果は噴射前後の状態をデジタルマイクロスコープ（VHX-2000, Keyence, Osaka, Japan）と走査型電子顕微鏡（VHX-D500/D510, Keyence, Osaka, Japan）にて観察・評価した。</p> <p>【結果】キャビテーション噴流はウォータージェットと比較して有意に高いバイオフィーム除去効果を示した。バイオフィーム残存率はキャビテーション噴流により、時間依存的に減少した。60秒、180秒の噴射では、ねじ谷部においてねじ山部と比較して有意に高い除去効果を示した。</p> <p>【結論】本研究から、キャビテーション噴流はフィクスチャー表面からバイオフィームを除去するための有効な方法であることが示唆された。</p>			

本論文の審査にあたり副査から多くの質問があり、その一部と回答を以下に示す。

宮崎委員の質問とそれに対する回答

1.本研究で用いた装置は今までに比べてどう実用的になったか。

（以前に報告したチタン試験片上のバイオフィルム除去試験に用いたノズルはガラス製であったが、今回の実験で用いたノズルはアクリル製であり、寸法の再現性も良く、量産も容易である。現状のノズルでは、実際の口腔内で用いるにはステントを併用するなどしてノズル周囲に水中環境を作る必要がある。その欠点を改善したノズル内部に水中環境が作成しステントが不要なノズルも開発中であり、今後それについてもバイオフィルムの除去効果を検討していきたいと考えている。）

2.今回の実験では被験者の口腔内で形成したバイオフィルムを用いており、バラツキがあったかと思われる。実験に用いるにあたってそれをどう取捨選択したか。

（噴射試験前に、ステントから撤去したフィクスチャーを歯垢染色液で染出しを行い、デジタルマイクロスコープによる観察を行った。染色されたバイオフィルムが噴射する範囲を全て覆っていないものは実験に用いなかった。）

桑田委員の質問とそれに対する回答

1.キャビテーションによってスレッドの谷部のバイオフィルムが効果的に除去されているが、この結果は予想されうるものであったのか。

（超音波スケーラーや手用スケーラーといった機械的な清掃器具とは違い、谷部においても水流やキャビテーション気泡が到達しやすいため、谷部においてもある程度除去はできるとは予想していた。しかし、山部と比較して谷部において統計学的に有意に除去がされるとまでは予想外であった。また、共同研究者であるキャビテーションの専門家の見地からしても予想外の結果であった。この結果は、スレッドの谷部では水の流速が遅くなるため、キャビテーション気泡が山部と比較して留まりやすく、谷部で気泡が崩壊する頻度が高くなったことによるものと考察している。）

2.キャビテーション噴流によるバイオフィルム除去が難しくなる小窩のサイズはどのぐらいのサイズか。

（今回の研究で用いたフィクスチャーは現在主流である中等度粗面をもつものであり、その小窩の大きさは $10\sim 20\mu\text{m}$ である。キャビテーション噴流によるバイオフィルム除去は、キャビテーション気泡が対象にぶつかることにより起こるのではなく、キャビテーション気泡の崩壊時の衝撃力によるものであるため、小窩の大きさがより小さくなったとしても小窩内部にその衝撃力は伝播され、バイオフィルムは除去されると考えられる。）

これらの試問に対する回答は、適切かつ明解であった。また、馬場委員は主査の立場から、両副査の質問に対する回答の妥当性を確認した。

以上の審査結果から、本論文を博士（歯学）の学位授与に値するものと判定した。